

## DENSIFIKASI KAYU RANDU (*CEIBA PENTANDRA L. GAERTN*) DAN PELAPISAN PERMUKAANNYA DENGAN PEMADATAN MENGUNAKAN RADIASI ULTRA VIOLET

Sugiarto Danu<sup>1</sup>, Mirzan T. Razzak<sup>2</sup>, Dhedy Handono<sup>2</sup>, Darsono<sup>1</sup> dan Marsongko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR)-BATAN

Jl. Cinere Pasar Jumat No. 49, Kotak Pos 12440, Jakarta

<sup>2</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah

Jl. Ir. H. Juanda No. 95, Kotak Pos 15412, Tangerang Selatan

e-mail: sgdnir@yahoo.com

Diterima: 23 Juli 2012

Diperbaiki: 12 Desember 2012

Disetujui: 13 Februari 2013

### ABSTRAK

**DENSIFIKASI KAYU RANDU (*CEIBA PENTANDRA L. GAERTN*) DAN PELAPISAN PERMUKAANNYA DENGAN PEMADATAN MENGGUNAKAN RADIASI ULTRA VIOLET.** Proses densifikasi dan pelapisan permukaan kayu randu (*Ceiba pentandra L. Gaertn*) telah dilakukan dengan metode penekanan dilanjutkan proses pelapisan permukaan dengan pepadatan menggunakan radiasi sinar *Ultra Violet* (UV). Penekanan dilakukan secara bertahap pada suhu 100 °C untuk mendapatkan variasi pengurangan tebal 15 %, 30 %, 45 %, 60 % dan 75 % dan parameter yang diukur meliputi densitas dan pengembangan tebal kayu. Proses pelapisan dilakukan menggunakan resin poliester tak jenuh setelah dicampur fotoinisiator 2,2-dimetil-2-hidroksi asetofenon dengan konsentrasi 1 %berat, 2 %berat dan 3 %berat dan bahan pewarna titanium dioksida. Iradiasi dilakukan pada kecepatan konveyor 1 m/menit, 2 m/menit dan 3 m/menit. Penekanan sampai dengan pengurangan tebal 75 % meningkatkan densitas secara signifikan dan menurunkan pengembangan tebal. Pada variasi konsentrasi fotoinisiator dan kecepatan konveyor yang dipakai, lapisan mempunyai kekerasan pendulum 23 detik hingga 37 detik, nilai warna (putih) dengan L = 61 % hingga 79 %, kilap (60°) = 16 % hingga 56 %, adesi memenuhi standar ASTM dan tahan bahan kimia dan pelarut yang diujikan kecuali terhadap larutan NaOH 1 %.

**Kata kunci:** Densifikasi, Kayu randu (*Ceiba pentandra L. Gaertn*), Pelapisan permukaan, Radiasi Ultra Violet

### ABSTRACT

**DENSIFICATION OF KAPOK WOOD (*CEIBA PENTANDRA L. GAERTN*) AND ITS RADIATION CURING OF SURFACE COATINGS USING ULTRA-VIOLET.** Densification and surface coating of kapok wood (*Ceiba pentandra L. Gaertn*) have been conducted by pressing and followed by radiation curing of surface coatings using Ultra Violet (UV) light. Pressing was performed to get thickness reduction level of 15, 30, 45, 60 and 75 %. Coating was conducted using unsaturated polyester resin after mixing with 2,2-dimethyl-2-hydroxy acetophenone photoinitiator at concentration level of 1, 2 and 3 %b.w and titanium dioxide pigment. Irradiation was carried out at conveyor speed of 1, 2 and 3 m/minute. Pressing of wood up to 75 % thickness reduction resulted in increasing of density significantly and decreasing of thickness swelling. At variation of photoinitiator concentration and conveyor speed used, the coating had pendulum hardness of 23-37 seconds, color value (white) with L = 61-79 %, gloss (60°) = 16-56 %, adhesion met the ASTM standard and resistant to chemicals and solvents used except against 10 % sodium hydroxide solution.

**Keywords:** Densification, Ceiba pentandra L. Gaertn wood, Surface coatings, Ultra Violet radiation

### PENDAHULUAN

Salah satu jenis kayu yang mempunyai sifat fisik dan mekanik rendah dan termasuk dalam golongan kelas kuat dan kelas awet rendah adalah kayu randu (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn). Kayu tersebut dapat tumbuh dari dataran rendah sampai ketinggian 400 m

di atas permukaan laut dan mempunyai densitas 0,28 g/cm<sup>3</sup>, kelas kuat IV-V dan kelas awet IV-V (Kelas kuat dan kelas awet tertinggi : I dan terendah : V) [1]. Kayu randu kurang terkenal, namun memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan menjadi produk yang

mempunyai nilai ekonomi tinggi. Pada umumnya, kayu tersebut hanya dipakai untuk bahan kerajinan dan pencetak bahan bangunan [2,3]. Agar kayu tersebut dapat dimanfaatkan menjadi produk yang mempunyai nilai ekonomi tinggi diperlukan peningkatan sifat fisik dan mekaniknya.

Pada umumnya, sifat mekanik kayu berkaitan dengan densitasnya. Semakin tinggi densitas kayu, semakin tinggi sifat mekanik dan kekerasannya. Salah satu metode untuk meningkatkan kualitas kayu adalah dengan densifikasi kayu, yaitu proses meningkatkan densitasnya [4]. Cara efektif untuk meningkatkan densitas kayu adalah dengan penekanan tegak lurus arah serat. Kayu dapat didensifikasi karena mempunyai karakteristik : tersusun dari polimer alam, merupakan bahan berpori, air dalam kayu merupakan *plastisizer* alam sehingga dapat menurunkan suhu  $T_g$  penyusun kayu, dan polimer kayu dapat dianggap bahan termoplastik sedangkan lignin pada suhu tinggi dapat bersifat termoset [5].

Sifat viskoelastik kayu memegang peranan penting pada proses densifikasi. Berdasarkan sifat viskoelastik kayu, sifat-sifat mekaniknya pada suatu proses bergantung pada waktu, suhu dan kandungan airnya. Proses yang singkat, pada suhu rendah dan kandungan cairan rendah, kayu menunjukkan sifat seperti gelas (*glassy behavior*) yang dapat dicirikan dengan sifat lunak dan rapuh. Proses yang lama, pada suhu tinggi dan kandungan cairan tinggi, kayu menunjukkan sifat seperti karet (*rubbery behavior*) [6]. Jika proses dilakukan pada suhu di atas  $T_g$  (suhu transisi gelas) mobilitas polimer meningkat sehingga memberi kesempatan pada molekul-molekul untuk menata kembali strukturnya. Pada kondisi ini, kayu mengalami deformasi secara luas tanpa menyebabkan kerapuhan dan kerusakan (pecah atau retak) [7].

Teknik densifikasi kayu dengan penekanan memerlukan 4 tahap proses, yaitu pelunakan atau plastisasi, penekanan tegak lurus serat pada kondisi pelunakan, pendinginan dan pengeringan pada kondisi deformasi, dan fiksasi pada kondisi deformasi [8]. Proses fiksasi diperlukan untuk meningkatkan kestabilan dimensi kayu setelah proses densifikasi [9]. Dengan memerhatikan ke empat proses tersebut, dalam penelitian ini proses densifikasi dilakukan secara bertahap untuk menghindari kerusakan kayu yang disebabkan oleh kerusakan dinding sel.

Hampir semua barang jadi dari kayu seperti furnitur, bahan bangunan dan barang kerajinan mengalami proses pelapisan yang bertujuan untuk meningkatkan penampilan atau nilai estetika, dan memberi perlindungan (proteksi) terhadap pengaruh dari luar yang bersifat merusak. Selain proses konvensional (proses pemadatan dengan katalisator), proses pemadatan dapat dilakukan dengan bantuan radiasi *Ultra Violet* (UV). Metode radiasi telah dipakai secara luas dalam industri, di antaranya untuk pelapisan

permukaan kayu dan pembuatan adesif [10]. Keunggulan penggunaan radiasi UV untuk pelapisan permukaan dibanding proses konvensional adalah : bahan pelapis tidak mengandung bahan yang mudah menguap sehingga ramah lingkungan, proses pemadatan berlangsung sangat cepat, sehingga menghasilkan kapasitas produksi yang sangat besar, dan membutuhkan ruangan relatif kecil [11,12]. Salah satu bahan pelapis radiasi adalah resin poliester tak jenuh yang banyak dipakai untuk bahan pengisi, bahan pelapis dasar, dan bahan pelapis atas pada pelapisan permukaan kayu [13,14]. Bahan pelapis tersebut mudah diperoleh, harganya relatif rendah dan mempunyai sifat keras dan bening tetapi membutuhkan paparan radiasi yang agak tinggi.

Tujuan percobaan ini untuk meningkatkan kualitas kayu randu dengan proses penekanan dan memperoleh data dan informasi sifat lapisan poliester pada kayu tersebut dengan proses pemadatan menggunakan radiasi UV. Parameter yang diukur setelah densifikasi kayu meliputi densitas dan pengembangan tebal sedangkan sifat lapisan poliester setelah iradiasi sinar UV meliputi kekerasan, adesi, nilai warna, kilap dan ketahanan terhadap bahan kimia dan pelarut.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Papan kayu randu diperoleh dari Desa Cikaracak, Leuwiliang, Bogor. Resin Poliester Tak Jenuh (PTJ) dengan nama komersial *Yucalac* 157 dibeli dari PT Yustus Sakti Raya Corporation, Jakarta. Fotoinisiator 2,2-dimetil-2-hidroksi asetofenon buatan *Merck*, Jerman. Pigmen warna putih titan dioksida jenis *rutile* berupa emulsi dalam resin poliester. Semua bahan kimia diperoleh tanpa proses lebih lanjut.

### Alat

Peralatan yang dipakai meliputi alat tekan yang dilengkapi pemanas buatan *Toyoseiki*, Jepang, dan sumber radiasi UV 1 lampu dengan intensitas 80 Watt/cm buatan IST Strahlen Technik GmbH, Jerman, dilengkapi dengan sistem konveyor. Peralatan pengujian meliputi alat ukur kekerasan *Pendulum Hardness Rocker* buatan *Sheen*, Inggris, alat ukur kilap *Glossmeter* buatan *Toyoseiki*, Jepang dan alat ukur nilai warna *Chromameter* tipe CR-2006 buatan *Minolta*, Jepang.

### Cara Kerja

Pada proses densifikasi, papan kayu dipotong menjadi berukuran 17 cm x 17 cm x 3 cm. Penekanan dilakukan secara bertahap dengan kenaikan 5 kgf/cm<sup>2</sup> pada suhu 100 °C sampai diperoleh pengurangan tebal dengan variasi 15 %, 30 %, 45 %, 60 % dan 75 %. Setiap

kenaikan tekanan sebesar 5 Kgf/cm<sup>2</sup> proses dihentikan untuk memberi kesempatan dinding sel melakukan pemulihan secara elastis. Penekanan dihentikan setelah deformasi papan kayu sudah mencapai tingkat pengurangan tebal yang diinginkan. Proses dilanjutkan dengan fiksasi yang memerlukan waktu rata-rata 30 menit sebelum dikeluarkan untuk pengeringan udara. Pengukuran pengembangan tebal dilakukan dengan merendam contoh uji dalam air pada suhu kamar selama 2 jam dan 24 jam. Pengembangan tebal dihitung berdasarkan Persamaan (1), sebagai berikut:

$$\text{Pengembangan tebal} = \frac{T_1 - T_0}{T_0} \times 100\% \quad \dots\dots (1)$$

Dimana:

$T_0$  = Tebal sebelum perendaman (cm)

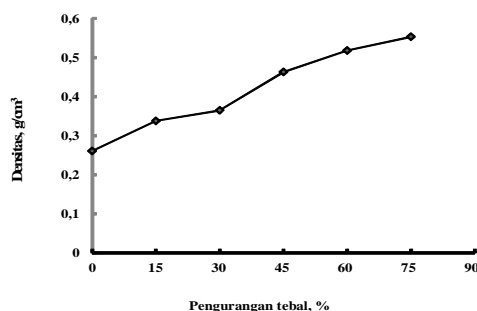
$T_1$  = Tebal setelah perendaman (cm)

Pada proses pelapisan permukaan, potongan kayu diampelas dengan kertas ampelas # 240 kemudian dilapisi bahan pelapis dasar (PTJ + 1 % fotoinisiator) menggunakan rol kaca. Iradiasi UV pada pelapisan dasar dilakukan dengan kecepatan konveyor 3 m/menit. Lapisan padat selanjutnya diampelas kemudian dilapisi bahan pelapis atas (PTJ + 1 % fotoinisiator + 1 % titanium dioksida) dan selanjutnya diiradiasi lagi pada variasi kecepatan konveyor 1 m/menit, 2 m/menit dan 3 m/menit. Kekerasan pendulum diukur dengan metode *Koenig* [ISO 1522-1973(E)]. Kilap 60° ditentukan menggunakan *Glossmeter* sesuai *ASTM D 523-85*. Evaluasi terhadap nilai warna dilakukan dengan metode *Hunter* berdasarkan *ASTM D 2244*. Adesi antara lapisan dan kayu dilakukan dengan metode *cross-cut* menggunakan pita perekat. (*ASTM D 2571-71*). Ketahanan terhadap bahan kimia dan pelarut (*ASTM D 1308*) dilakukan menggunakan larutan Natrium hidroksida 10 %, asam sulfat 10 %, asam asetat 50 %, natrium karbonat 1 % dan etanol 50 %

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Densitas

Pengaruh pengurangan tebal terhadap densitas kayu disajikan pada Gambar 1. Semakin tinggi nilai



Gambar 1. Hubungan antara pengurangan tebal dan densitas kayu.

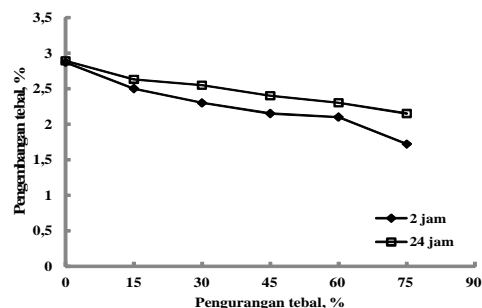
pengurangan tebal, semakin tinggi densitasnya. Sebagai contoh, pada pengurangan tebal 30 % dan 75 %, densitas kayu meningkat dari 0,261 g/cm<sup>3</sup> menjadi 0,355 g/cm<sup>3</sup> dan 0,553 g/cm<sup>3</sup>. Densifikasi kayu dengan penekanan dapat meningkatkan kekuatan dan *wear resistant* kayu. Pada tekanan 140 MPa, densitas hampir mencapai 1,5 g/cm<sup>3</sup> yaitu densitas kompak, tetapi jika proses penekanan dihentikan kemudian contoh uji dilepas, densitas turun menjadi sekitar 1 g/cm<sup>3</sup> karena sifat *elastic springback* kayu [15]. Kondisi optimal dicapai pada pengurangan tebal 60 % karena pada pengurangan tebal 75 % mulai terjadi tanda-tanda kerusakan struktur kayu seperti terlihat pada contoh uji yang melengkung dan permukaannya agak retak.

### Pengembangan Tebal

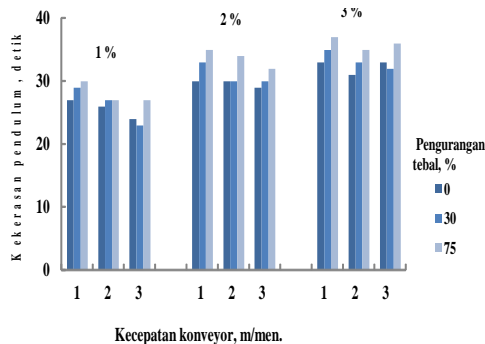
Gambar 2 memperlihatkan pengaruh pengurangan tebal terhadap kestabilan dimensi yang ditunjukkan oleh nilai pengembangan ukuran contoh uji setelah perendaman dalam air selama 2 jam dan 24 jam. Semakin tinggi pengurangan tebal, semakin tinggi densitasnya, dan semakin padat struktur kayu. Akibatnya, ukuran dan volume pori menjadi lebih kecil sehingga air tidak mudah melakukan penetrasi melalui pori. Densifikasi menyebabkan penurunan pengembangan kayu dalam air sehingga kestabilan dimensinya lebih tinggi. Pada densifikasi dengan pengurangan tebal 60 %, pengembangan tebal turun dari 2,87 % menjadi 2,1 % untuk perendaman 2 jam dan turun dari 2,89 % menjadi 2,3 % untuk perendaman 24 jam.

### Kekerasan Pendulum

Kekerasan pendulum lapisan sebagai fungsi pengurangan tebal kayu, kecepatan konveyor dan konsentrasi fotoinisiator disajikan pada Gambar 3. Kekerasan permukaan kayu berpengaruh terhadap kekerasan lapisan sehingga semakin tinggi pengurangan tebal (semakin tinggi densitas), semakin keras permukaan kayu, sehingga semakin tinggi kekerasan lapisan. Perbedaan kekerasan lapisan dapat disebabkan perbedaan kekerasan kayu. Perbedaan kekerasan kayu dapat disebabkan oleh perbedaan umur kayu dan letak pengambilan contoh uji dari batang kayu pada pohon



Gambar 2. Pengaruh pengurangan tebal pada pengembangan tebal.



**Gambar 3.** Kekerasan pendulum lapisan pada variasi pengurangan tebal, kecepatan konveyor

yang sama atau berlainan. Faktor-faktor tersebut menyebabkan variasi data kekerasan yang diperoleh. Selain jenis kayu kekerasan lapisan juga ditentukan oleh tebal lapisan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa kekerasan lapisan tipis ( $< 30 \mu\text{m}$ ) akan dipengaruhi oleh kekerasan substratnya [16]. Dalam penelitian ini, tebal lapisan sekitar  $26 \mu\text{m}$ .

Semakin tinggi kecepatan konveyor, semakin sedikit radiasi *Ultra Violet (UV)* yang diserap lapisan, sehingga lebih sedikit jaringan polimer ikatan silang yang terbentuk untuk proses pemadatan. Semakin banyak radiasi *UV* yang diterima, semakin banyak polimer ikatan silang yang terbentuk, dan selanjutnya meningkatkan fraksi gel yang terbentuk dan kekerasan lapisan [17]. Kecenderungan yang sama terjadi pada pengaruh konsentrasi fotoinisiator.

Pada konsentrasi fotoinisiator rendah, jumlah radikal yang terbentuk sedikit sehingga jaringan polimer ikatan silang yang terbentuk tidak cukup banyak untuk menghasilkan proses pemadatan. Sebaliknya, jika konsentrasi fotoinisiator terlalu tinggi, radikal yang terbentuk terlalu banyak (berlebihan) dibanding sisi reaktif yang ada. Dengan demikian, radikal tidak dapat mendorong reaksi pengikatan silang berlangsung lebih cepat karena reaksi terminasi lebih dominan. Konsentrasi fotoinisiator yang lebih tinggi dapat menyebabkan terjadinya penurunan kekerasan [18,19].

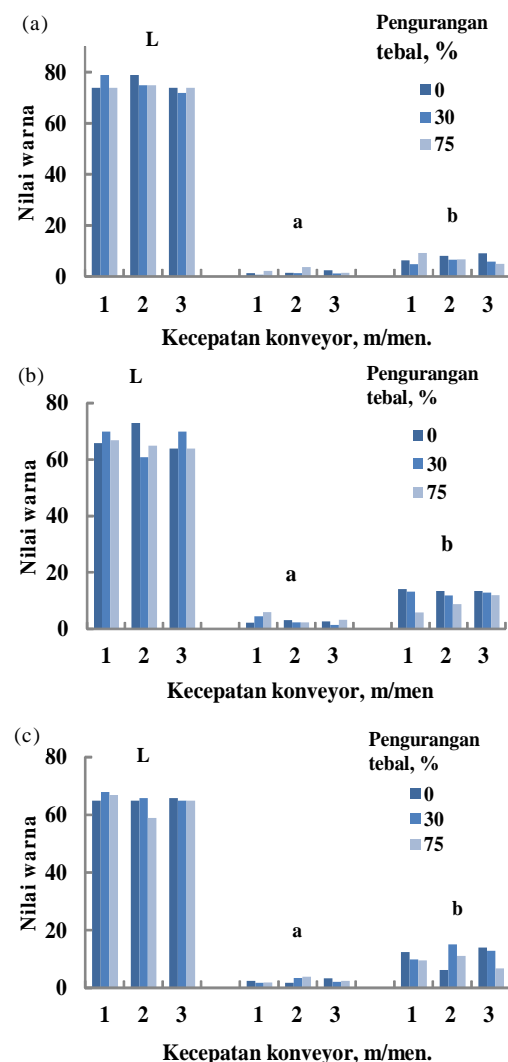
Oleh sebab itu, variasi konsentrasi fotoinisiator dalam percobaan ini maksimal 3 %. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, optimasi konsentrasi fotoinisiator pada pelapisan beberapa papan kayu dan pelapisan berwarna pada keramik menggunakan radiasi *UV* [20,21]. Kekerasan pendulum terendah adalah 23 detik (1 % fotoinisiator; kecepatan konveyor = 3 m/menit, pengurangan tebal = 30 %), sedangkan yang tertinggi adalah 37 detik (3 % fotoinisiator, kecepatan konveyor 1 m/menit, pengurangan tebal 75 %).

## Nilai Warna

Pelapisan berwarna pada umumnya dilakukan untuk memberikan nilai tambah pada permukaan kayu yang tidak atau kurang mempunyai penampilan alami

yang menarik, misalnya kayu randu. Penampilan ini dikaitkan dengan warna, tekstur dan pola tampilan serat. Dengan pelapisan berwarna, penampilan permukaan kayu yang kurang menarik dapat dihilangkan. Sebagian besar energi *UV* dengan panjang gelombang antara 370 nm dan 450 nm, tidak efektif untuk proses pemadatan lapisan berwarna karena absorpsi dan refleksi bahan pewarna. Konsentrasi pewarna yang terlalu tinggi akan menghambat proses pemadatan. Hal ini akan menyebabkan keterbatasan pada konsentrasi pewarna yang dipakai. Berdasarkan hasil orientasi percobaan, konsentrasi titanium dioksida yang dipakai hanya 1 %.

Gambar 4 menunjukkan histogram nilai L, a dan b pada pengukuran warna menggunakan sistem *Hunter*. Pada sistem tersebut, nilai L nol (0) menunjukkan warna hitam dan 100 menunjukkan warna putih, nilai a, positif menunjukkan warna merah dan nilai negatif menunjukkan hijau dan 0 untuk netral, sedangkan nilai b, positif menunjukkan warna kuning dan negatif warna biru dan 0 untuk netral. Berdasarkan sistem tersebut, nilai L merupakan faktor penting dalam pengukuran ini karena titanium dioksida berwarna putih. Pada lapisan bening



**Gambar 4.** Nilai warna lapisan pada variasi pengurangan tebal, kecepatan konveyor dan konsentrasi

(transparan), kilap dapat dilihat sebagai pantulan kaca (*specular reflection*) yang memantulkan langsung melalui lapisan. Tekstur permukaan substrat dan hamburan internal pada lapisan berwarna dapat menyebabkan sinar terhambur. Untuk lapisan opak, sebagian besar sinar yang dipantulkan akan menentukan nilai warna.

Seperti diperkirakan bahwa nilai L akan lebih dominan dibanding nilai a dan b (Gambar 4). Kecepatan konveyor, pengurangan tebal maupun konsentrasi fotoinisiator tidak terlihat pengaruhnya terhadap nilai warna. Nilai warna L berkisar antara 53 hingga 79, a sebesar 0,8 hingga 6, serta b sebesar 4,8 hingga 15,2.

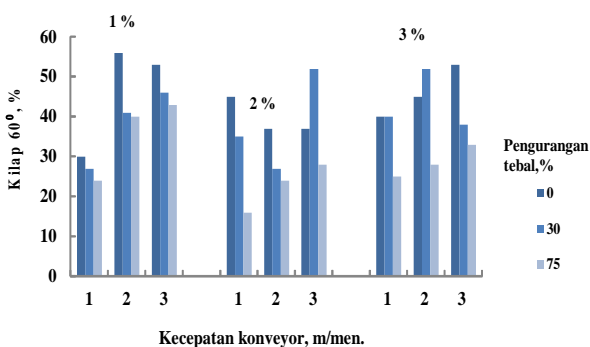
## Kilap

Kilap merupakan sifat lapisan yang dihasilkan dari pantulan sinar pada lapisan berwarna pada permukaan kayu, dan biasanya berkaitan dengan penampilan suatu bahan terutama untuk bahan bangunan. Kilap yang tinggi sering dianggap mempunyai nilai estetika tinggi.

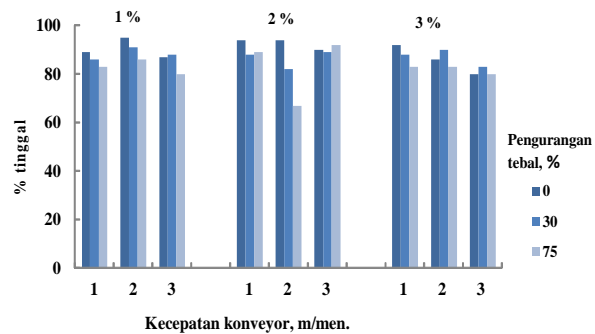
Faktor penting yang perlu diperhatikan adalah jumlah titanium dioksida minimal yang dapat menutup dan menyembunyikan tekstur permukaan kayu sehingga dapat meningkatkan penampilannya. Dispersi pewarna dapat meningkatkan opasitas dan kilap serta menurunkan hamburan sinar pantul.

Pada umumnya, kilap dipengaruhi oleh warna dan tekstur permukaan substrat. Konsentrasi fotoinisiator dan kecepatan konveyor tidak terlihat pengaruhnya pada kilap. Kilap hanya dipengaruhi oleh pengurangan tebal (Gambar 5). Sebagai contoh, pada konsentrasi fotoinisiator 2 % dan kecepatan konveyor 2 m/menit, pada pengurangan tebal 30 % dan 75 % menyebabkan kilap turun dari 37 % menjadi 27 % dan 24 %.

Hal ini disebabkan perubahan warna permukaan kayu yang semakin gelap (coklat) akibat pemanasan pada proses densifikasi. Warna bahan yang lebih gelap cenderung lebih banyak menyerap sinar yang datang dibanding warna yang lebih muda.



Gambar 5. Kilap lapisan pada variasi pengurangan tebal, kecepatan konveyor



Gambar 6. Adesi lapisan pada variasi pengurangan tebal, kecepatan konveyor

## Adesi

Adesi dipengaruhi oleh kontak antara lapisan dan substrat. Adesi dapat digolongkan ke dalam 2 kelompok, yaitu adesi spesifik dan adesi mekanik. Adesi spesifik didasarkan pada teori adsorpsi sedangkan adesi mekanik terjadi pada kondisi cairan yang ada dalam pori, celah dan kekasaran substrat [22]. Adesi lapisan pada kayu sebagai bahan berpori mengikuti adesi mekanik. Energi regangan internal yang terjadi selama proses pemadatan dapat secara langsung memengaruhi adesi pada kayu. Adesi antara lapisan dengan permukaan kayu disajikan pada Gambar 6. Kecepatan konveyor dan konsentrasi fotoinisiator yang menentukan tingkat pemadatan lapisan tidak terlihat pengaruhnya terhadap adesi. Semakin tinggi pengurangan tebal, semakin rendah pori dalam kayu. Akibatnya, penetrasi bahan pelapis ke dalam kayu relatif lebih sedikit sehingga ikatan antara permukaan kayu dan lapisan cenderung menurun.

Adesi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Kebersihan permukaan kayu, seperti debu, partikel dan lemak serta keseragaman tebal lapisan berpotensi menyebabkan terjadinya variasi data yang diperoleh. Walaupun demikian, adesi antara lapisan dan permukaan kayu memenuhi standar karena nilai % tinggal antara 63 % hingga 99 %. Sesuai ASTM D 2571-71 adesi yang memenuhi standar jika % tinggal > 50 %.

## Ketahanan Lapisan Terhadap Bahan Kimia dan Pelarut

Pengujian ketahanan lapisan terhadap bahan kimia dan pelarut yang diujikan hanya dilakukan

Tabel 1. Ketahanan lapisan terhadap bahan kimia dan pelarut pada permukaan kayu dengan pengurangan tebal 30 %.

Konsentrasi fotoinisiator %	Kecepatan konveyor m/men	Natrium hidroksida 10 %	Natrium karbonat 1 %	Asam asetat 5 %	Asam sulfat 10 %	Alkohol 50 %
1	1	+	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-
	3	+	-	-	-	-
2	1	-	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-
	3	+	-	-	-	-
3	1	-	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-
	3	+	-	-	-	-

terhadap lapisan pada permukaan kayu yang sudah didensifikasi dengan pengurangan tebal 30 %. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa hanya lapisan saja yang mengalami perlakuan dan menentukan ketahanan terhadap bahan kimia dan pelarut. Sifat lapisan dipengaruhi oleh konsentrasi fotoinisiator dan kecepatan konveyor. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 1.

Lapisan tahan terhadap bahan kimia yang diujikan kecuali terhadap larutan Natrium hidroksida 10 % yang merupakan basa kuat. Lapisan tidak tahan terhadap larutan tersebut seperti ditunjukkan dengan terjadinya penurunan kilap pada lapisan. Hanya lapisan dengan kandungan fotoinisiator 2 % dan 3 % dan diiradiasi pada kecepatan konveyor 1 m/menit yang tahan terhadap larutan natrium hidroksida 10 % sehingga tahan terhadap basa kuat. Lapisan yang dihasilkan pada kondisi ini merupakan kopolimer ikatan silang dengan tingkat polimerisasi yang tinggi. Kopolimer ikatan silang yang terjadi dipengaruhi oleh konsentrasi fotoinisiator dan kecepatan konveyor. Kedua perlakuan tersebut menentukan sifat lapisan yang dihasilkan seperti uraian pengaruhnya terhadap hasil pengukuran kekerasan pendulum

## KESIMPULAN

Densifikasi terhadap kayu randu dengan pengurangan tebal 30 % dan 75 % dapat meningkatkan densitas rata-rata dari 0,261 g/cm<sup>3</sup> menjadi 0,355 g/cm<sup>3</sup> dan 0,553 g/cm<sup>3</sup>. Kondisi optimal dicapai pada pengurangan tebal 60 % karena pada pengurangan tebal 75 % sudah mulai terjadi kerusakan kayu seperti ditunjukkan oleh contoh uji yang melengkung dan permukaannya agak retak. Pada pengurangan tebal 60 %, pengembangan tebal turun dari 2,87 % menjadi 2,1 % untuk perendaman 2 jam dan turun dari 2,89 % menjadi 2,3 % untuk perendaman 24 jam.

Resin poliester dengan kandungan fotoinisiator 2,2-dimetil-2-hidroksi aseton (konsentrasi 1 % berat hingga 3 % berat) dan pewarna titanium dioksida 1 % pada permukaan kayu randu yang diiradiasi sinar *Ultra Violet* (UV) pada kecepatan konveyor 1 m/menit hingga 3 m/menit mempunyai kekerasan pendulum 23 detik hingga 37 detik, nilai warna (putih) dengan L= 61 % hingga 79 %, kilap (60°) = 16 % hingga 56 % dan adesi yang memenuhi standar. Pada umumnya, lapisan tahan terhadap bahan kimia dan pelarut yang diujikan, kecuali terhadap beberapa contoh uji yang tidak tahan terhadap larutan Natrium hidroksida 10 %.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada operator fasilitas iradiasi yang telah memberi layanan iradiasi UV pada pelapisan permukaan kayu.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. K. HEYNE, *Tumbuhan Berguna Indonesia. Jilid III*. Badan Litbang Kehutanan, Jakarta, (1987)
- [2]. A.S. KOSASIH, *Kapok (Ceiba pentandra L. Gaertn) sebagai Jenis Campuran pada Hutan Rakyat di Jawa*, Pusat Litbang Hutan Tanaman, Bogor, (2007)
- [3]. Rimba Kita. <http://rimba.kita.blogspot.com/2013/01/kayu-randu-atau-kayu-kapuk.html>
- [4]. A. KUTNAR and M. SERNEK, *Zbornik Gozdarstva In Lesarstva*, **82** (2007) 53
- [5]. P. NAVI, Challenges in Wood Densification : Processing and Properties, *5<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference*, Sofia (2012)
- [6]. M.P. WOLCOTT, F.A. KAMKE and D.A. DILLARD, *Wood and Fiber Sci.*, **26** (4) (1994) 496
- [7]. M.P. WOLCOTT, F.A. KAMKE and D.A. DILLARD, *Wood and Fiber Sci.*, **22** (4) (1990) 345
- [8]. N. MORSING, *Densification of Wood. The Influence of Hygrothermal Treatment on Compression of Beech Perpendicular to the Grain*. Department of Structural engineering and Materials Technical University of Denmark, Series R, **79** (2000) 138
- [9]. W.J. HOMAN and A.J.M. JORISSEN, *Heron*, **49** (4) (2004) 361
- [10]. J.V. CRIVELLO, *Photopolymerization, Polymer Science, A Comprehensive Reference*. Rensselaer Polytechnic Institute, New York (2012)
- [11]. R. SCHWALM, *Radiation-Curing Polymer Systems. Polymer Science : A Comprehensive Reference*. BASF SE, Ludwigshafen, Germany (2012)
- [12]. J. K. FINK, *Unsaturated Polyester Resins. Reactive Polymers Fundamentals and Applications*, Montanuniversitat, Leoben, Austria, (2005)
- [13]. T. UKACHI, Progress of Radiation Curing and Its Industrial Applications in Japan, *Proceedings RadTech Asia 2007*, Kuantan (2007) 10
- [14]. S. DANU, DARSONO dan A. SUDRAJAT, *J. Appl. Isot. dan Rad.*, **7** (1) (2011) 53
- [15]. J. BLOMBERG, Compression Mechanism and Strength Properties of Semi-Isotactically Densified Wood, *Thesis, Lulea University of Technology*, Swedish (2004)
- [16]. H.P. SENG, *Beta-Gamma*, **4** (1989) 25
- [17]. M.F. YHAYA, N.G.N. SALLEH, A. HASSAN, A.N. BAKAR, M. MOKHTAR, UV/EB Cured Nanocomposites with Scratch and Abrasion Properties. *Proceedings Rad Tech Asia 2007*, Kuantan (2007) 166
- [18]. M. HANRAHAN, The Effect of Photoinitiator Concentration on the Properties of UV-Formulations, *Proceedings of RadTech'90 North America*, Chicago (1990) 249

- [19]. S.K. BHATTACHARIA and M.A. KHAN, *Phys. Res. Sec. B : Beam Interact. Matl. Atom*, **236** (1-4) (2005) 359
- [20]. S. DANU, M.T. RAZZAK, DARSONO and A. SAHROJI, Optimization of Photoinitiator Concentration and Its UV-Curing of Some Wood Panels, *Proceeding of RadTech Asia 2007*, Kuantan (2007) 149
- [21]. S. DANU, DARSONO and MARSONGKO, *J. Ceramics Soc. Japan*, **116** (8) (2008) 896
- [22]. D.E. PACKHAM, *Adhesion of Polymers to Metals The Role of Surface Topography*, Ed. K.L. MITTAL, Plenum Press, New York (1983)